

**Universidade Federal de São Carlos**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**Curso de Engenharia Agrônoma**



**GIOVANNI AMADEU PARENTE GRAMASCO**

**Fertirrigação: Técnicas e práticas de manejo**

**ARARAS - 2021**

**Universidade Federal de São Carlos**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**Curso de Engenharia Agrônoma**



**GIOVANNI AMADEU PARENTE GRAMASCO**

## **Fertirrigação: Técnicas e práticas de manejo**

Monografia apresentada ao Curso de  
Engenharia Agrônoma – CCA – UFSCar para  
a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza.

**ARARAS – 2021**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus pela minha vida e força que sempre tive.

À minha família inteira por sempre investir e acreditar em mim para que possa ter um futuro melhor.

Aos meus irmãos da República Paiol, aos meus queridos amigos tanto da minha cidade natal quanto da faculdade que fizeram esses anos serem levados das melhores maneiras possíveis e de maneira mais leve.

Ao meu professor orientador Claudinei, o qual sempre me ensinou muito tanto na faculdade como me orientando da melhor maneira possível para realizar este trabalho.

A todos, muito obrigado!

## RESUMO

A irrigação tem objetivo de ampliar o cultivo de várias culturas em épocas não ocasionais, ou seja, em épocas diferentes ao longo do ano, resultando em melhores resultados e rendimentos da sua lavoura. A utilização da técnica de fertirrigação tem tido um dos maiores impactos no ramo da agricultura, resultando em uma maior e melhor distribuição de nutrientes durante o ciclo todo do cultivo. A técnica de fertirrigação vem sendo adotada por diversos produtores, sendo utilizada em diferentes regiões do país devido ao fato de conseguir aumentar a eficiência de absorção dos nutrientes por aquela determinada cultura. Um dos meios para se obter um aumento da eficiência das culturas, é a utilização da adequação do uso de água nos cultivos, sendo alterado ou conduzindo um possível aumento de produção na lavoura. Os tipos de irrigação são pontos-chaves para realizar um manejo mais eficiente e sustentável, contudo de todos os tipos de sistemas de irrigação que existem atualmente, os sistemas de micro irrigação e gotejamento são os que alcançam maiores taxas de eficiência para uso de água. Outro fato de conhecimento de todos é que a adubação e a nutrição das culturas são dois fatores essenciais, responsáveis pelo ganho na produtividade e na qualidade do produto final; isso porque o equilíbrio nutricional da planta constitui condição fundamental para a expressão máxima do seu potencial genético. Assim, realizar avaliações das características dos fertilizantes que serão utilizados junto com a água de irrigação, uma vez que o fertilizante deve ser adequado ao tipo de irrigação, nutrição da planta e afins. A técnica de fertirrigação agrega em várias vantagens como por exemplo: os fertilizantes tem suas perdas reduzidas por lixiviação e volatilização, e também a sua eficiência de aplicação é bem maior quando comparada com a maneira convencional de aplicação. Atualmente, em irrigação, é nítido o quanto vem crescendo a utilização de automação nos sistemas irrigados. Dessa maneira, por definição a automação são técnicas as quais são baseadas em equipamentos eletrônicos que tem como função diminuir a mão de obra e consiga garantir soluções rápidas.

**Palavras-chave:** nutrição, fertilizantes, absorção , solução do solo, eficiência do uso da água, irrigação.

## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
3.REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1. FERTIRRIGAÇÃO	5
3.2. IMPORTÂNCIA DO MANEJO E EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA	8
3.3. SOLUÇÃO DO SOLO, MARCHA DE ABSORÇÃO E NUTRIÇÃO DAS PLANTAS	10
3.4. FERTILIZANTES PARA FERTIRRIGAÇÃO	14
3.5. TÉCNICAS DE APLICAÇÃO	17
3.6. AUTOMAÇÃO	20
3.7. DINÂMICA DE ÍONS NO SOLO	22
4.CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

## 1. INTRODUÇÃO

A irrigação tem objetivo de ampliar o cultivo de várias culturas em épocas não ocasionais, ou seja, em épocas diferentes ao longo do ano, fazendo com que em certas regiões a irrigação torna-se altamente necessária, resultando em melhores produtos e rendimentos da sua lavoura (DANTAS et al., 2016).

Dessa maneira, a irrigação é importante para diversos países, devido ao fato de conseguir assegurar uma maior segurança na produção de alimentos e auxiliar no desenvolvimento das regiões rurais. Nesse raciocínio, regiões áridas e semiáridas são as que mais necessitam de irrigação devido a ausência de chuvas (SHAMIR et al., 2015). Contudo, a água é um recurso não retornável e deve-se fazer o melhor uso possível.

Em relação a agricultura irrigada, um dos pilares que mais chamam atenção é a quantidade de água destinada ao setor, sendo que, do total da água consumida no Brasil, 75% da água é destinada à irrigação (ANA, 2017). Água virou um recurso natural escasso e se os impactos que o homem causa à natureza continuar, a tendência é só piorar. Conseqüentemente, utilizar tipos de irrigação mais sustentáveis e eficientes são totalmente necessários em meio a tais lavouras (BARBOSA et al., 2012).

Para poder alcançar essa irrigação mais sustentável é imprescindível determinar o quanto de água será necessário para uma certa cultura conseguir se desenvolver adequadamente e conseqüentemente, calcular um sistema de manejo de irrigação (CHAGAS et al., 2013).

Um tipo de irrigação a qual consegue realizar um uso mais correto de água é a irrigação por gotejamento subsuperficial (IGS). Segundo Lamm & Camp (2007), a irrigação por este tipo (IGS) é realizada diretamente na zona radicular da cultura, o que acaba resultando em uma melhor eficiência do uso da água.

Segundo Silva & Borges (2008) fornecer a nutrição mineral adequada para a cultura, resulta em aumento na produção e qualidade dos frutos da planta. Portanto, uma das maneiras de se incorporar os nutrientes ao solo é através da técnica de fertirrigação, a qual resulta em menor mão de obra, melhor aplicação e um uso mais eficiente (TEIXEIRA et al., 2011; SANTANA et al., 2007).

Assim, a fertirrigação acaba sendo uma das principais maneiras de conseguir realizar a adubação parcelada ao longo do ciclo da cultura, devido ao fato de

consistentemente aplicar fertilizantes solúveis em água no sistema de irrigação (COELHO, 2014).

Segundo Lamm & Trooien (2003) além de melhorar o uso da água, o uso de fertilizantes via fertirrigação também é favorecido na irrigação por IGS. Dessa maneira, a adoção de fertirrigação melhora a eficiência no uso dos nutrientes devido ao fato de serem aplicados fracionadamente, conforme a marcha de absorção de nutrientes da cultura (ROBERTS, 2008).

A fertirrigação é uma técnica também bastante utilizada em cultivos de ambientes protegidos, tendo bastante importância no uso eficiente dos fertilizantes, porém, ainda precisa de pesquisas para obter um bom proveito desta tecnologia (OLIVEIRA et al., 2013).

A utilização da técnica de fertirrigação tem tido um dos maiores impactos no ramo da agricultura, resultando em uma maior e melhor distribuição de nutrientes durante o ciclo todo do cultivo (tudo isso levando em conta necessidades nutricionais), conseguindo diminuir possíveis perdas de fertilizantes e conseqüentemente, menor contaminação ambiental (OLIVEIRA et al., 2011).

Portanto, conhecer a quantidade de nutrientes que ficarão acumulados na planta é de suma importância para poder ajudar no manejo de adubação das culturas. Assim, para atender a demanda de nutrientes exigidos por cada cultura acaba se tornando fatores importantíssimos para alcançar uma qualidade na produção em campo, porém, tais informações faltam estudos para conseguir afirmar quais quantidades de fertilizantes para cada cultura, assim, resulta problemas nutricionais acarretados pelo excesso ou ausência de fertilizantes (SOUZA et al., 2012; MEDEIROS et al., 2012).

Em termos de manejo para a fertirrigação, existem algumas formas diferenciadas para acompanhar a disponibilidade dos nutrientes no solo. Uma delas bem promissora, seria a utilização de cápsulas porosas para captar a concentração iônica da solução do solo (SILVA et al., 2013).

Para realizar tal monitoramento da concentração total de sais na solução do solo, foi avaliado o uso de extratores de solução por tais cápsulas porosas, (Silva Júnior et al., 2010) ou para monitoramento da condutividade elétrica da solução do solo (DIAS et al., 2006; MEDEIROS et al., 2012)

Perante tais estudos, a utilização de extratores vem mostrando-se ser uma ferramenta viável para realizar o monitoramento durante o ciclo da cultura, entretanto, necessita de mais estudos para deixar tal técnica bem aprimorada (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Silva et al. (2015), alguns produtores estão realizando a aplicação de fertilizantes de forma baseada em sua experiência, dessa maneira, começa a existir casos de elevação da condutividade elétrica em níveis que afetam diretamente o crescimento da cultura no campo, resultando assim em menores produtividades e prejuízos para o produtor.

Os nutrientes que são mais aplicados em quantidades via fertirrigação são nitrogênio e potássio devido ao fato deles terem alta solubilidade em água e alta mobilidade no solo, decorrente da transição vertical de água no solo (ERNANI et al., 2007). Entretanto, apesar da teoria de que a fertirrigação aplica apenas a quantidade de nutrientes que a cultura exige, nem todo nutriente é absorvido pelas plantas, assim acaba resultando em uma lixiviação para baixo das raízes da cultura (OLIVEIRA et al., 2008).

Dessa maneira é sempre importante tomar cuidados com fertilizantes, principalmente em relação às suas dosagens. Segundo Eloi et al. (2007), é extremamente necessário determinar qual nível de tolerância das culturas em relação ao uso de sais fertilizantes, pelo fato que os conhecimentos fornecidos pela literatura até então são referentes ao quanto as culturas toleram o excesso de sais presentes na água de irrigação.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo do presente trabalho foi fazer uma revisão bibliográfica sobre fertirrigação, ampliando o conhecimento sobre as técnicas considerando o estado da arte.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. FERTIRRIGAÇÃO

A técnica de fertirrigação vem sendo adotada por diversos produtores, sendo utilizada em diferentes regiões do país devido ao fato de conseguir aumentar a eficiência de absorção dos nutrientes por aquela determinada cultura. Tal técnica consegue disponibilizar maiores quantidades dos nutrientes que ficarão na solução do solo e, conseqüentemente mais fáceis de serem absorvidos, uma vez que permite realizar a aplicação de acordo com a marcha de absorção de cada cultura (OLIVEIRA & VILLAS BOAS, 2008).

Segundo Folegatti (1999) e Alvarenga (2013), conforme citado por Bezerra (2015), a fertirrigação é uma ótima maneira tanto para se completar as recomendações de adubação de plantio ou simplesmente pelo fornecimento exclusivo de fertilizantes para realizar a nutrição das plantas. Em termos de vantagens, a adoção de tal técnica de irrigação, permite que a colocação dos fertilizantes seja exata e o mais homogênea possível, resultando assim em nutrientes mais próximos da zona de concentração de raízes. Além de tais pontos, também resulta em melhores concentrações e quantidades de nutrientes variando de cultura para cultura e ao longo do ciclo.

Os principais parâmetros a serem avaliados na qualidade da água para fertirrigação abrangem os parâmetros físico-químicos e biológicos, que definem sua adequação para o uso (ALMEIDA, 2010). Usualmente os principais atributos analisados são o pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, e íons como: sódio; potássio; cálcio; magnésio; cloretos; sulfatos; carbonatos; e bicarbonatos (ALMEIDA, 2010).

Com o objetivo de obter uma maior eficiência tanto no uso da água como no de fertilizantes na fertirrigação, foram realizados vários estudos com o intuito de otimizar o uso da água, e a real necessidade hídrica e nutricional de cada cultura para poder se obter a melhor produtividade (COELHO et al., 2018; DELAZARI et al., 2018, ROCHA; CHRISTOFIDIS, 2015).

Porém, o manejo incorreto da fertirrigação resulta em prejuízos com maiores gastos com adubos, devido ao motivo de que irá ocorrer uma maior lixiviação e/ou escorrimentos superficiais dos nutrientes aplicados, ficando assim, em pouca

quantidade disponível para a planta, dentre outras complicações (VILAS BOAS, 2010).

Saber a composição da solução do solo nos sistemas de fertirrigação é um ponto altamente importante para certificar que suas plantas estarão com saúde e produzindo em alto nível (TREVISAN, 2020). Segundo Pinto et al. (2007), fertirrigação garante ser uma das maneiras mais eficientes e econômicas para aplicar fertilizantes em plantas, pois aplica-se os nutrientes em menor quantidade, porém com uma regularidade maior. Dessa maneira, é possível manter uma concentração dos nutrientes no solo durante o ciclo da planta, resultando assim, em uma maior eficiência do uso dos nutrientes e também, numa maior produtividade.

Segundo Medeiros (2010) o sistema de irrigação localizada, principalmente o gotejamento, é o mais indicado quando se adota a técnica de fertirrigação, devido ao fato de conseguir aplicar lâminas de água e quantidades de fertilizantes adequados, resultando em uma melhor eficiência de aplicação. Além de tais fatos, resulta em economia de água e energia, evita o excesso de água nas folhas (diminuindo doenças), aumenta a produtividade das culturas e melhora qualidade dos frutos (BILIBIO, et al., 2010; BOAS et al., 2011).

Em relação à quantidade de água aplicada, deve-se tomar cuidado ao aplicar água em pouca ou em muita quantidade. Assim, aplicando a água pode ser que os nutrientes fiquem retidos nas camadas superficiais do solo, afetando o desenvolvimento das raízes. Porém, quando se aplica quantidade de água em excesso, esses nutrientes podem ser lixiviados (e contaminar lençóis freáticos) ou ficarem disponíveis em camadas que o sistema radicular não alcança (DONAGEMMA et al., 2008).

Além desses fatos, realizar essa verificação em relação a qualidade de água que será utilizada na irrigação é de suma importância como dito anteriormente, segundo Sousa et al. (2011) caso a água for de qualidade ruim, pode resultar em entupimentos nos sistemas, reações químicas que poderão afetar a disponibilidade dos elementos minerais, e dessa maneira, afetar a produtividade da lavoura. Segundo Busato et al. (2012) para prevenir o entupimento de emissores, utilizaram cloração com dicloroisocianurato de sódio, obtendo bons resultados com águas ferruginosas.

Um dos principais motivos que acarretam em salinização dos solos devido ao manejo incorreto da fertirrigação seria junção de fertilizantes durante o ciclo, uma vez

que cada fertilizante apresenta uma diferente condutividade elétrica (C.E), dessa maneira, isso pode resultar um excesso de sais na solução do solo, afetando assim a produtividade do cultivo (SILVA, 2014).

Além de tais fatores, fertirrigação é uma técnica que exige mudanças rápidas e precisas (em termos de nutrientes), sendo muito importante monitorar o manejo dessa técnica de irrigação com intuito de realizar os ajustes que forem necessários ao longo do cultivo de tais plantas (OLIVEIRA, et al., 2011; DIAS et al., 2005; SILVA et al., 2000).

Na atualidade, foram desenvolvidos alguns métodos para conseguir deduzir a solução do solo de maneira rápida e fácil, sendo o extrator de solução um método que se destacou, devido ao fato de ter um custo baixo e boa precisão (OLIVEIRA et al., 2011; SILVA et al., 2000).

A utilização de extratores de solução de solo apresenta mais uma vantagem, a qual as soluções que foram extraídas encontram-se em umidade correspondente ao tempo em que a solução do solo é integrada pela cultura (MEDEIROS et al., 2012).

Quando são utilizados sais fertilizantes tanto para realizar a adubação em campo, quanto para a fertirrigação, caso for adubado em excesso, pode resultar em um aumento bem significativo em relação a salinidade do solo (ELOI et al., 2011; MEDEIROS et al., 2012).

Segundo Gross et al. (2008) e Alves (2015) uma alternativa a utilização de fertilizantes orgânicos (que são sólidos e apresentam longo período para ser mineralizados pela matéria orgânica) na fertirrigação seria o uso de biofertilizante, uma vez que é líquido e assim permite uma rápida disponibilização de nutrientes para a cultura.

Contudo, quando os fertilizantes são dissolvidos em água, o pH da solução do tanque pode ser alterado, devido ao fato de ocorrer reações dos íons com a água. Assim, o pH pode reduzir logo abaixo dos emissores, no perfil do solo (SOUSA et al., 2011).

### **3.2. IMPORTÂNCIA DO MANEJO E EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA**

Um dos meios para se obter um aumento da eficiência das culturas, é a utilização da adequação do uso de água nos cultivos, sendo conduzindo um possível aumento de produção na lavoura (Di Paolo e Rinaldi, 2008; Jalota et al., 2006). Dessa

maneira, é de suma importância ter o conhecimento de qual é o índice de evapotranspiração da cultura o qual pode estar variando de acordo com a disponibilidade de água que está no solo. Assim, esses fatos estão diretamente relacionados com os rendimentos da cultura, e as suas relações resultam no índice de eficiência do uso da água (IGBADUN et al., 2006; KARAM et al., 2007).

Segundo Pereira et al. (2012), para sabermos a eficiência do uso da água, deve-se usar os possíveis indicadores que existem. Assim, alguns exemplos de indicadores são: produtividade da água da cultura, a qual leva em conta a capacidade de converter água em biomassa para as plantas (DI PAOLO E RINALDI, 2008), a produtividade econômica da água, a qual permite medir o quanto aumentou de produção e seu retorno econômico que veio graças a utilização de água na produção (ARAYA et al., 2011; PEREIRA et al., 2012) e por fim, eficiência do uso de nutrientes, a qual verifica o quanto a cultura pode absorver nutrientes da solução do solo levando em consideração o quanto de água as plantas consumiram (AMARAL et al., 2011).

Segundo Frizzone (2014) o indicador mais utilizado para mostrar os benefícios que a água traz através do seu consumo pelas plantas na lavoura é a produtividade da água (PA), a qual pode verificar o impacto agrícola quando está em escassez de água. Às vezes tal indicador tem sido confundido com eficiência do uso da água devido ao fato de serem parecidos, porém conceitualmente falando eles se diferem (SANTOS, 2016).

A maneira mais correta para apresentar dados em relação a eficiência do uso da água é em porcentagem, uma vez que é um indicador que utiliza a palavra eficiência, dessa maneira, representa uma proporção de números de saída por números de entrada. Entretanto, o indicador PA (produtividade da água), condiz com um valor que se pode produzir a partir de uma quantidade de água de entrada (RAGAB, 2014).

Uma solução para a realização de um manejo adequado sobre a água na sua lavoura, é utilizar o índice de eficiência de uso da água devido ao fato de garantir um planejamento e facilitar tomadas de decisões em relação a possíveis manejos de irrigação resultando em uma maior produtividade das culturas (KARATAS *et al.*, 2009). Segundo Sandri et al. (2007) tais dados como produtividade e eficiência do uso da água são de extrema importância para poder obter análises em relação a gastos e lucros da lavoura, além do fato de auxiliar na irrigação mais sustentável e econômica.

Existem uma série de fatores que interferem na quantidade de água utilizada como, por exemplo, eficiência do tipo de irrigação que está sendo utilizado (BATISTA et al., 2009), do controle da lâmina aplicada (ALLEN et al., 1998) e de quanto o solo consegue armazenar de água (com o aumento da infiltração do solo resulta em um favorecimento) e o principal fator condiz na menor taxa de evaporação, devido ao fato de utilizar cobertura de solo como materiais de origem vegetal. Segundo Freitas et al. (2004), constataram que a evaporação da água no solo com cobertura foi três vezes menor do que o solo sem cobertura morta.

Segundo Silva et al. (2006) e Lyra et al. (2010) é muito perceptível a diminuição da evaporação graças ao material que irá realizar a cobertura do solo, porém, tal material pode acabar resultando em uma retenção da água proveniente da chuva e/ou irrigação que iria pro solo, e assim, ser perdida por evaporação.

O estresse hídrico ocorre tanto com déficit hídrico como no excesso, quando ocorre alguma limitação à drenagem da água ou a aplicação excessiva de água de irrigação (BECARI, 2015). Segundo Taiz & Zeiger (2013) alguns dos possíveis efeitos que podem ser observados na cultura são: redução do aumento celular/ foliar, menores atividades celulares, fechamento dos estômatos, queda das folhas, inibição da fotossíntese e posterior a tudo isso a morte celular.

Segundo Silva et al. (2011), através do seu trabalho de revisão com diversos autores, pode constatar que em termos nutricionais, a quantidade de Mg e S das folhas de “Azinheira” aumentou em estresse hídrico (seca), entretanto, para o Ca diminuiu e já para os nutrientes N, P e K foi reduzido quando em seca nas culturas de arroz, soja e oliveira, respectivamente.

Segundo Medrano et al. (2015) para aumentar a eficiência do uso da água em vinhedos, recomenda-se uso de cobertura do solo com culturas para cobertura. Além disso, os autores relatam que não a eficiência do uso da água seja critério para conseguir selecionar variedades, mesmo que existam variedades as quais conseguem se desenvolver em condições de seca, sendo assim, seriam mais efetivas em relação ao uso da água na lavoura, dessa maneira, a eficiência e uso da água seria importante devido ao fato de agregar uma cultura mais sustentável.

Dessa maneira, caso a água não for empregada por uma técnica e quantidade apropriada, pode acabar resultando em um aumento de doenças. Portanto, deve-se fazer um manejo adequado para as plantas crescerem e produzirem, evitando o

excesso ou a falta de água no solo, assim, minimizando perdas por escoamento ou percolação, contribuindo para um cultivo mais sustentável ( MENDONÇA et al., 2019).

Segundo Souza & Folegatti (2010) a irrigação por gotejamento é muito importante, pois é uma alternativa dentre as responsáveis para se realizar um manejo mais sustentável da água, pelo fato de conseguir satisfazer padrões como eficácia no manejo de nutrientes e de água, dessa maneira, com tal irrigação consegue realizar um controle da água altamente preciso, fornecendo baixas quantias exatamente na zona da raiz.

### **3.3. SOLUÇÃO DO SOLO, MARCHA DE ABSORÇÃO E NUTRIÇÃO DAS PLANTAS**

Segundo Diógenes (2017) adubação e nutrição das plantas são duas técnicas essenciais para uma agricultura produtiva, sustentável e que garantirá produtos com extrema qualidade. Assim, deve-se manter uma nutrição balanceada e adequada para o cultivo devido ao fato que pode garantir uma máxima manifestação genética da cultura, resultando assim em plantas mais produtivas e vigorosas contra o ataque de enfermidades, pragas e ao estresse hídrico.

É de conhecimento geral que a adubação e a nutrição das culturas são dois fatores essenciais, responsáveis pelo ganho na produtividade e na qualidade do produto final; isso porque o equilíbrio nutricional da planta constitui condição fundamental para a expressão máxima do seu potencial genético, pois, uma planta bem nutrida possui maior resistência ao ataque de pragas e doenças, bem como ao estresse hídrico. Portanto, levando em conta o contexto dos manejos possíveis, é importante adotar e sempre manter um nível alto de instrumentos tecnológicos produtivos pelo fato de conseguir otimizar a produção resultando em um plantio de qualidade. Contudo, as ferramentas mais necessárias para garantir tal resultado para agricultura são: nutrição e adubação das plantas (PURQUERIO, 2010).

A falta de nutrientes pode provocar um menor desenvolvimento da cultura, menor produtividade e seu reconhecimento se dá através de sintomas visuais. Geralmente, tais sintomas são facilmente visualizados quando a ausência nutricional está crítica, apresentando seis possíveis grupos: menor crescimento, clorose nas folhas, coloração arroxeadas, deformações, necrose e clorose internerval (PRADO, 2008).

Segundo Cazetta et al. (2010), conforme citado por Santos (2014), muitas culturas perenes e anuais (principalmente as que são adaptadas para baixa fertilidade), ajustam seu desenvolvimento para o nutriente que está menos disponível e dessa maneira, apresenta ausência de sintomas visíveis, porém mesmo assim, resulta em menor desenvolvimento da planta.

Para realizar o monitoramento em relação a disponibilidade de nutrientes no solo, há diversas formas, sendo que uma das principais formas que existe é a adoção de cápsulas porosas, a qual vem se demonstrando ser uma maneira bem promissora para simular a quantidade de íons que apresenta na solução do solo (SILVA et al., 2013).

Portanto, para mitigar a deficiência nutricional das plantas é de suma importância que apareça o desenvolvimento de técnicas as quais consigam prevenir ou amenizar o problema de deficiência de nutrientes, com o objetivo de conseguir manter uma alta produtividade e evitar ao máximo possíveis prejuízos (CAZETTA; FONSECA; PRADO; 2010 apud SANTOS, 2014).

Atualmente, diversos estudos vêm analisando como está sendo o resultado do monitoramento dos nutrientes através das cápsulas porosas, as quais realizam acompanhamento sendo extratores de nutrientes da solução do solo. Tais estudos constataram que essa tecnologia tem muito futuro pelo fato de ter um bom custo e precisão (SILVA JÚNIOR et al., 2010; MEDEIROS et al., 2012).

Segundo Silva (2018) para coletar e analisar a solução do solo deve-se utilizar extratores de solução do solo, os quais são equipamentos de PVC de preferência com uma cápsula porosa em uma das suas extremidades, e assim, a outra extremidade é vedada passando uma pequena mangueira interna a este tubo, até o interior da cápsula. Portanto, esse instrumento funciona como se fosse um filtro e como apresenta a mangueira, existe a possibilidade de retirar amostras da solução do solo com a ajuda de uma seringa. É recomendado alojar esses extratores durante toda a fase de produção e nas camadas 0- 20 cm e 20- 40 cm devido ao fato de conseguir prever como está sendo o comportamento dos nutrientes no solo.

Com o objetivo de realizar uma nutrição das plantas mais apropriada possível, é de suma importância entender como funciona a dinâmica dos nutrientes acumulados ao longo do ciclo da cultura, além do fato de também ser importante conhecer a

relação entre os nutrientes e suas quantidades, devido ao fato das deficiências nutricionais as quais podem ocorrer para a planta (FRANCO et al., 2008).

Segundo Damasceno et al. (2012) conforme citado por Alves et al. (2016), existe uma variação ao longo do ciclo em relação a quantidade nutricional de uma planta, variando de espécie para espécie, dessa maneira, é importantíssimo ter conhecimento sobre absorção dos nutrientes e o período que ocorre maior ou menor absorção. Para isso, realiza-se uma caracterização em relação a marcha de absorção, sendo esta responsável por garantir uma melhor aplicação fracionada de tais nutrientes.

Assim, adotando tal técnica é provável que fique mais fácil quantificar os nutrientes em cada parte da planta. Portanto, tendo o conhecimento ao longo do ciclo de desenvolvimento da planta sobre o quanto de nutrientes ela acumulou, consegue-se fornecer dados os quais podem ajudar no manejo de adubação das culturas (ALVES et al., 2016).

Segundo May et al. (2008) tanto a curva de absorção quanto a curva que representa o acúmulo de nutrientes conseguem fornecer a oportunidade de realizar a determinação de quais são os períodos que a cultura exige mais nutrientes, calcular o quanto foi exportado, precaver deficiências da planta e estimar quanto teve de retorno de nutrientes para o solo.

Segundo Marschner (1995), a idade da planta é um parâmetro muito importante para se levar em conta devido ao fato da marcha de absorção analisar a curva de acúmulo de nutrientes em função tempo de vida da planta, e dessa maneira, possibilita-se analisar: a) quanto de nutrientes a cultura consome para seu cultivo; b) qual etapa do ciclo exige mais de cada nutriente exclusivamente; c) em que parte da planta mais se concentra cada nutriente; d) e quantificar quanto a colheita das plantas exporta do solo e assim, quanto precisará para repor para o solo (apud DAMASCENO, 2012). Dessa maneira, ter o conhecimento sobre a marcha de absorção de cada cultura pelo fato que é um interessante instrumento o qual pode ajudar tais programas e manejos de fertilizantes e adubação no campo (ECHER et al., 2009).

Assim, realizar estudos e análises sobre a absorção de nutrientes ao longo do cultivo é uma maneira a qual permite conhecer as épocas em que a demanda nutricional é maior ou menor, resultando em informações essenciais e seguras ao mesmo tempo para poder realizar a aplicação de fertilizantes (PÔRTO et al., 2007).

Para a fertirrigação é importante realizar um manejo adequado com quantias de fertilizantes previamente estabelecidas, as quais tomaram base a curva de absorção que a cultura apresenta e raramente é levado em conta realizar análise de condutividade elétrica tanto por parte na solução do solo quanto pela atual nutrição das plantas. Dessa maneira, é de suma importância que o manejo seja baseado na quantificação do teor de sais e íons específicos no solo, ainda mais quando se trata de potássio e nitrato (DIAS et al., 2007).

Um grande problema que assombra a agricultura é o uso incorreto de fertilizantes, que podem acarretar em inúmeros problemas. Por exemplo, a utilização incorreta de adubação pode resultar em excesso de sais de sódio, que podem originar prejuízos tanto para parte física quanto para a parte química do solo, além de afetar o desenvolvimento das plantas e conseqüentemente a produtividade (CAVALCANTE etl., 2010).

Tal salinidade tem como definição: quando há uma grande quantia de sais solúveis (sódio trocável) nos horizontes superficiais, assim, a salinidade acaba afetando diretamente o crescimento das plantas (RIBEIRO et al., 2009).

### **3.4. FERTILIZANTES PARA FERTIRRIGAÇÃO**

É muito importante realizar avaliações das características dos fertilizantes que irão ser utilizados junto com a água de irrigação, uma vez que o fertilizante deve ser adequado ao tipo de irrigação, nutrição da planta e afins. Um dos principais fatores para se escolher um fertilizante é a utilização de um que apresente elevada solubilidade (a qual depende diretamente da qualidade da água e do grau de pureza do fertilizante) para que a quantidade de nutrientes que esteja na solução, seja a que foi calculada previamente, além do fato disso prevenir entupimentos dos emissores (BORGES & SILVA 2011).

Em termos de qual tipo de sistema de fertirrigação é o mais utilizado, a aspersão apresenta uma vantagem quando comparada com outros tipos pelo fato de ser amplamente utilizada quando se trata de velocidade da água nos tubos de distribuição, o que resulta em uma menor sedimentação das partículas sólidas, conseqüentemente menores problemas nas tubulações e emissores (VILLAS BÔAS; GODOY, 2004). Entretanto, é preciso se atentar a dois fatores, primeiro para um ótimo dimensionamento do sistema de aspersão, e outro para a velocidade que o vento

apresenta no momento de aplicação, o qual pode ser prejudicial à homogeneidade de aplicação (KAMIMURA, 2019).

Levando em conta no tipo de irrigação localizada, os fertilizantes são colocados exatamente onde forma o “bulbo” molhado do solo, assim, neste volume úmido de solo é o local onde se localiza a maior quantidade do sistema radicular da cultura fazendo com que a aplicação de fertilizantes seja mais efetiva. Entretanto, quando a aplicação via fertirrigação é estudada e comparada com a aplicação convencional de fertilizantes, principalmente quando se trata adubos nitrogenados e potássicos, percebe-se que houve um aumento de 36% da sua eficiência de aplicação (TEIXEIRA et al., 2011).

Segundo Natale & Rodrigues (2006), a técnica de fertirrigação foi desenvolvida com o intuito de poder aplicar a quantidade e momento exato do nutriente no solo, e de maneira geral, não tem recomendações gerais e sim sendo variável de acordo com: com o tipo de solo, fase do ciclo da planta, marcha de absorção, tipo de irrigação e entre outros fatores. Dessa maneira, resulta em um grande aumento na eficácia de aplicação de tais fertilizantes quando comparado com a aplicação tradicional.

Outro fator importante de ter a ciência são os tipos de fertilizantes que existem, os quais que mais se destacam são: nitrogenados ( N é o nutriente mais colocado em fertirrigação e suas formas mais comuns são ureia, sulfato e nitrato de amônio e uran), fosfatados ( destacando- se MAP e DAP, e ácido fosfórico), potássico sendo bastante aplicado pelas formas de KCl, K<sub>2</sub>O e nitrato de potássio (BORGES & SILVA 2011).

Para que ocorra uma absorção adequada por parte das plantas em relação aos nutrientes da solução do solo, é preciso seguir várias condições para que isso ocorra. Segundo Bauder et al. (2011) os métodos que apresentam mais importância e que devem ser analisados são referentes à pH, concentração de íons no solo e a concentração de sais (salinidade).

Segundo Carrijo et al. (2005) caso a condutividade elétrica do sistema for alta, ou seja, tiver elevada concentração de sais, isso pode resultar em algo que se torna pejorativo para as raízes das plantas como por exemplo uma má nutrição. Por outro lado, caso a condutividade for mais baixa que o adequado, a cultura não irá apresentar uma nutrição boa a qual irá auxiliar no seu desenvolvimento ao longo do ciclo.

Para realizar essa nutrição da melhor maneira possível, é realizado um monitoramento da técnica de fertirrigação por meio do método de extração da solução do solo através de cápsulas porosas, a qual é uma técnica que não para de crescer no Brasil e permite analisar os teores de nutrientes e as concentrações salinas que ficarão disponíveis para a planta após as sequências de fertirrigação, resultando assim, em um monitoramento por vários anos (SOUZA et al., 2013).

A aplicação incorreta de fertilizantes acarreta em um aumento da concentração de sais os quais também interferem diretamente no potencial osmótico do solo, dessa maneira, por mais que apresente nutrientes e umidade no solo, a planta terá uma dificuldade em absorver tais nutrientes pelo fato de diferença de potencial osmótico (SILVA et al., 2013).

Segundo Dias et al. (2007) em sua grande maioria calcula-se a quantidade de fertilizantes previamente estabelecidas de acordo com a curva de absorção da cultura para realizar um manejo mais correto, porém, não realizam o acompanhamento da condutividade elétrica do solo. Dessa maneira, seria importante começar a realizar esse acompanhamento através da quantificação dos teores de sais e dos íons que estão presentes no solo, ainda mais quando se trata de nitrato e o potássio.

Para realizar tal adubação por fertilizantes, é importante entendermos que existem os fertilizantes sólidos e os líquidos, os quais geralmente podem aparecer em formas como de soluções claras (menor perda por volatilização), soluções coloidais (obtidas da reação de ácido fosfórico com amônia) e misturas em suspensão. Os fertilizantes sólidos devem apresentar uma alta solubilidade e os nitrogenados são os que são mais solúveis (principalmente o nitrato). Tais fertilizantes podem aparecer na forma amoniacal, nítrica, nítrica amoniacal e amídica (BORGES & SILVA 2011).

Segundo Gross et al. (2008) atualmente, uma alternativa de fertilizantes na fertirrigação está sendo a utilização de biofertilizantes uma vez que são obtidos através de uma fermentação a qual irá realizar uma rápida disponibilização nutricional para a cultura, uma vez que fertilizantes sólidos apresentam longo tempo para se decompor e ser mineralizado pela matéria orgânica do solo.

Segundo Dutta et al. (2009); Ibrahim et al. (2010); Chandra et al. (2012), conforme citado por Alves (2015), a utilização de esterco bovino líquido fermentado vem se mostrando muito bom através dos seus resultados satisfatórios quando

comparado com a redução de fertilizantes sintéticos e agregando uma melhor fertilidade ao solo.

A fertirrigação necessita de alguns cuidados diários como por exemplo, para evitar que ocorra a produção de precipitados, é necessário verificar a compatibilidade entre os fertilizantes, assim como a compatibilidade com a qualidade da água da irrigação, uma vez que existem águas ricas em Ca e Mg ( "águas duras") as quais podem reagir e originar compostos insolúveis como fosfato e sulfato. Outros problemas que podem ser verificados através da aplicação de fertilizantes via irrigação são: poder de corrosão e solubilidade dos fertilizantes, salinidade e acidificação dos fertilizantes (BORGES & SILVA 2011).

Segundo Naz & Sulaiman (2016), conforme citado por Kamimura (2019), dessa maneira, graças à ciência e ao desenvolvimento tecnológico na agricultura, foi capaz de criar fertilizantes os quais apresentam liberação lenta e liberação controlada para a cultura. As principais diferenças entre os dois tipos são: o primeiro tipo de liberação não apresenta revestimento, os preços são diferentes devido ao fato de os fertilizantes de liberação controlada apresentarem revestimento no seu processo de fabricação e também ao seu formato.

Entretanto, graças a sua formulação química, os fertilizantes que apresentam liberação controlada ou lenta podem realizar a liberação do Nitrogênio gradativamente ou são capazes de ter sua disponibilização gradual pelo fato de existir um revestimento em volta do fertilizante, como é o caso da ureia revestida de resina (GUERTAL; FRANK, 2012).

Segundo Borsari (2013), alguns fertilizantes apresentam custos de produção maiores devido ao fato: de serem forçados a uma série de processos de industrialização, algumas perdas de materiais para deixar os grânulos com dimensão padronizada, incorporação do custo do material que reveste o fertilizante, baixa escala de produção e entre outros fatores.

### **3.5. TÉCNICAS DE APLICAÇÃO**

Atualmente a irrigação vem desencadeando um processo muito importante no processo produtivo o qual agrega diversos benefícios para a expansão do agronegócio brasileiro. Dessa maneira, os principais benefícios que citados são: a segurança do cultivo em referência às necessidades hídricas e menores índices de

quebra da safra por falta de água, amplificar a produtividade das culturas, produto no final da safra com melhor qualidade e valor agregado e também mais quantidades de safras ao longo do ano (TESTEZLAF, 2017 apud MOTA, 2020).

Segundo Trani (2011) graças a adoção de irrigação, em particular a técnica localizada que utiliza principalmente microaspersão e gotejamento, resultou em um crescimento de área de cultivo protegido e conseqüentemente houve um aumento também na aplicação de fertirrigação para hortaliças.

Para Rajput e Patel (2006), quando realizaram um estudo que analisava o impacto de vários intervalos de fertirrigação através da aplicação por gotejamento (diariamente, dia sim e dia não, semanalmente e mensalmente) em relação ao movimento do nitrato no solo, dessa maneira, constataram que grande parte da lixiviação do nitrato aconteceu nas camadas de 30-45 cm de solo no intervalo mensal de fertirrigação.

Os tipos de irrigação são pontos chaves para realizar um manejo mais eficiente e sustentável. Segundo Coelho e Silva (2013) o sistema de de aspersão de alta pressão apresenta eficiências muito baixas (cerca de 50-60%), já os sistemas de baixa pressão tem sua eficiência entre 60-75%. Em sistemas como pivô central e movimento linear, são os que apresentam maiores taxas de aplicação efetivas cerca de 80-85% devido ao fato dos aspersores ficarem a meia altura do solo, assim, a eficiência fica maior pelo fato de reduzir a perda de água pelo vento (deriva). De todos os tipos de sistemas de irrigação que existem atualmente, os sistemas de microirrigação ou gotejamento são os que alcançam maiores taxas de eficiência tanto para uso de água (cerca de 80-95%) como para energia.

Segundo Dazhuanget et al. (2009); Batista et al. (2009); Duran-Ros et al. (2009), conforme citado por Batista et al. (2013), a técnica de irrigação localizada é comumente utilizada quando se trata de aplicação de águas residuárias pelo fato que apresenta uma alta eficiência de aplicação e também por ser considerada de baixo risco de contaminação, tanto por parte dos fertilizantes quanto por parte dos trabalhadores da lavoura.

Entretanto, nesses sistemas que apresentam irrigação localizada, um fator que requer alta atenção é a possibilidade de ocorrer entupimento dos emissores, uma vez que são altamente suscetíveis, principalmente quando se trata de fertirrigação. Tal susceptibilidade ao entupimento é bem variável, podendo ser um atributo do

gotejador, ou baixa qualidade da água em termos físico-químicos e biológicos (Santos et al., 2003; Silva et al., 2012 apud Batista et al., 2013).

Assim, existem diversas técnicas para conseguir minimizar o entupimento dos gotejadores/emissores, sendo que as mais conhecidas e práticas são a utilização de sedimentação, adoção de filtros, realizar a limpeza das tubulações com água durante alguns minutos e por fim, aumentar a pressão de serviço do sistema (PUIG-BARGUES et al., 2010).

Segundo Koetz et al. (2006); Souza et al. (2005); conforme citado por Oliveira et al. (2014), é interessante realizar um bom controle de irrigação pelo fato que além de fornecer as quantidades de água que a cultura precisa, também consegue reverter uma parcela do quadro de problemas com doenças, lixiviação dos fertilizantes e usos indevidos com a água. Dessa maneira, entre os diversos tipos de sistemas de irrigação, o que consegue fornecer um grande controle e uniformidade na hora de aplicação, é o sistema de gotejamento, o qual também consegue aplicar água com fertilizante, técnica conhecida como fertirrigação.

Para Basso et al. (2010), quando é adotada a irrigação localizada, a irrigação é feita com pressão e vazão baixa no sistema diretamente no solo, no local onde apresenta maior quantidade do sistema radicular, assim, molhando apenas esta parte do solo e não a planta. Contudo, permite realizar uma alta frequência de irrigação, permitindo com que o solo permaneça mais úmido.

Outro tipo de sistema de irrigação que é bem utilizado é por aspersão em malha, uma vez que tal sistema tem uma boa uniformidade de aplicação, consegue se adaptar a muitos tipos de solo, apresenta fácil manejo da quantidade de água aplicada e também permite realizar distribuição de fertilizantes e outros produtos junto com a água, conhecida como fertirrigação (DRUMOND e AGUIAR, 2005).

Segundo Papadopoulos (1999), conforme citado por Dutra (2016), utilizar o sistema de aspersão na técnica de fertilização, permite que seja realizada uma aplicação de fertilizantes via água de irrigação, denominada de fertirrigação. Tal técnica de aplicação de nutrientes é diferente da adubação convencional devido aos fatos de ter uma maior absorção dos fertilizantes pelas raízes da cultura, pois tais nutrientes ficam mais facilmente disponibilizados.

A irrigação por aspersão é realizada por emissores (aspersores) os quais apresentam bocal por onde a água passa com alta pressão, com o intuito de “simular”

uma chuva. Tais emissores são ligados a tubulações as quais recebem pressão de uma bomba centrífuga para que atinja a pressão de serviço dos aspersores. Esse tipo de sistema de irrigação apresenta uma boa eficácia de aplicação, ficando em torno de 70% a 80%, variando de acordo com o clima da lavoura, sendo bastante afetado por ventos. Contudo, esse método tem algumas vantagens quando comparado com os outros, como por exemplo, apresenta fácil adaptação a diferentes relevos, alta eficiência de aplicação, é um sistema que tem a possibilidade de automação e pode ser transportado para outras áreas, pois o sistema todo pode ser desmontado (PESSINI et al., 2010).

Atualmente, adotar a utilização de um gráfico controle para realizar monitoramento de um processo de acordo com o tempo, é o método mais utilizado (VIEIRA, 2014). Segundo Vilas Boas (2016), utilizar tais gráficos de controle na irrigação vem demonstrando trazer vários benefícios como por exemplo, qualidade na irrigação, monitorar erros ao longo do processo de irrigação, dados em relação método de irrigação, histórico sobre processos de dados e entre outros.

De acordo com Frigo et al. (2016), conforme citado por Lopes (2019), entre os gráficos de controle, o que mais se destacou foi o CUSUM, pelo fato que tal gráfico foi o mais sensível, pois conseguiu detectar mudanças climáticas as quais conseguiram afetar a uniformidade de aplicação do sistema de aspersão.

No sistema de irrigação por aspersão apresenta 2 principais tipos de sistemas, 1) Sistema Convencional Portátil, o qual é caracterizado por poder transportar / movimentar os equipamentos de acordo com a necessidade de irrigação já que a área não é toda irrigada; 2) Sistema Convencional Permanente, é um sistema fixo como nome diz e não permite essa movimentação de equipamentos, uma vez que toda área apresenta o sistema de irrigação, permitindo irrigar toda a área de uma vez porém acaba não sendo tão viável pelo fato que o sistema teria que apresentar tubulações maiores e grande quantidade de águas (BISCARO, 2009).

### **3.6. AUTOMAÇÃO**

Atualmente, em irrigação, é nítido o quanto vem crescendo a utilização de automação nos sistemas irrigados. Dessa maneira, por definição a automação são técnicas as quais são baseadas em equipamentos eletrônicos que tem como função diminuir a mão de obra e consiga garantir soluções rápidas e de menores custos para

os produtores e afins, assim, quando associado a práticas agrícolas, tais tecnologias que auxiliam os produtor na tomada de decisão, estão deixando o manejo de irrigação mais fáceis, conseguindo fornecer exatamente o quanto de água deve ser irrigada no solo e quanto de nutrientes está sendo requerida pela cultura, contudo, são variáveis que podem afetar a produção da cultura e também a qualidade do produto final (MOTA, 2020).

Segundo Moraes et al. (2010), a automação é entendida como quaisquer sistemas que tem como base computadores / tecnologias as quais possam auxiliar e melhorar os objetivos dos serviços nas indústrias, e que possam garantir uma melhor qualidade no produto, menores custos e que possam trocar o trabalho realizado por pessoas para maiores seguranças. Assim, o intuito de automatizar os sistemas seria para fins de facilitar os procedimentos do dia a dia por parte dos trabalhadores, contudo não seria de outra maneira com a agroindústria.

Para um manejo correto da irrigação na lavoura é muito importante saber o quanto de água tem no solo, variando de solo para solo e prática culturais, para poder ter um uso mais eficiente de água na lavoura. Dessa maneira, o teor de água no solo é uma medida que pode ser bem variável, pois é altamente afetada por chuvas, manejos hídricos ou simplesmente por evaporação (SOUZA et al., 2016).

Segundo Cunha & Rocha (2015), atualmente vem sendo muito utilizado o Arduino o qual é um hardware e software bem fácil de usar e pode ser utilizado em diversos sistemas operacionais, além disso, vem se mostrando ser um microcontrolador o qual pode realizar diversas aplicações de manejo e projetos de automação. Assim, tal software adota sensores para ser um meio de comunicação do hardware com o ambiente, devido ao fato de existir a possibilidade de detectar as mudanças no ambiente.

Segundo Tejada-castro et al. (2019); Yousif et al. (2018), conforme citado por Mota (2020), a partir do momento que se adquire tal automação inteligente, resulta em uma melhor eficácia dos sistemas, conseqüentemente, fica mais confiável, assim, garantindo um controle na produção da lavoura. Contudo, em tais sistemas que aderirem a utilização de tais tecnologias, é indicado a sua otimização pelo fato de evitar perdas por desperdícios e por excesso, como é o caso da água e dos fertilizantes.

Um mercado que está em alta nos últimos anos é o de adotar sensores capazes de realizar e mensurar a umidade do solo. Tais técnicas de determinação de umidade são classificadas como não destrutivas pelo motivo de fornecer dados quase em tempo real, além de poder ficar na área durante um bom tempo (FREITAS et al., 2012; SOUZA et al., 2016; apud CAMPOS, 2019).

Tais equipamentos que são utilizados para irrigação apresentam uma ótima tecnologia e assertividade sobre os dados coletados, assim, é possível monitorar o ambiente e minimizar os impactos no desenvolvimento das plantas no campo, entretanto, apresentam elevado custo inicial sendo caracterizado e utilizado por maiores produtores (REIS, 2015).

Esses sensores são utilizados em conjunto com controladores automáticos, necessários para o acionamento do sistema que regulam o conteúdo de água do solo com base nas medições do sensor. Os controladores acionam a irrigação quando os sensores detectam que as medições estão abaixo de um limite pré-definido e continuam atuando até que esse limite seja superado (Romero et al., 2012).

Segundo Ferrarezi e van Iersel (2011), as informações relativas às variáveis do sistema de automação, em sua grande parte, são recolhidas pelos sensores, tais sensores que são utilizados para mensurar as variáveis do solo, e dessa maneira, os que merecem destaque são aqueles que apresentam a inteligência de domínio de capacitância, as quais conseguem realizar o monitoramento do conteúdo volumétrico de água levando em conta as mensurações.

### **3.7. DINÂMICA DE ÍONS NO SOLO**

Adotando a utilização da técnica de fertirrigação, é nítido as várias vantagens que tal sistema pode agregar para a lavoura, como por exemplo: os fertilizantes tem suas perdas reduzidas por lixiviação e volatilização, e também a sua eficiência de aplicação é bem maior quando comparada com a maneira convencional de aplicação, assim, a aplicação desses fertilizantes são próximas às raízes da planta, com dosagens menores porém aplicados ao longo de todo o ciclo da cultura, podendo ser variável de acordo com a fase fenológica que a planta se encontra (SOUZA et al., 2012; SILVA et al. 2015).

Segundo Santana et al. (2007), em áreas que utilizam a fertirrigação existem diversas variáveis que podem auxiliar em uma estimativa de percolação da água nos

horizontes do solo, também ajudam em quanto de água a cultura está perdendo para atmosfera, além de poder determinar quais os locais que a planta absorve mais nutrientes e onde ocorre perdas dos fertilizantes por lixiviação. Tais variáveis para monitoramento são: condutividade elétrica da solução e do solo, quanto de água tem no solo e a concentração dos íons.

Absorção de nutrientes pelas culturas pode ser restringida por condições como a redução do sistema radicular ativo, redução da atividade radicular causada pela compactação do solo, acidez, falta de umidade no solo dificultando a difusão de nutrientes, lixiviação dos nutrientes do solo, entre outros (CARVALHO et al., 2001).

A perda por lixiviação ocasiona a perda de nutrientes da região radicular para as camadas mais profundas do solo, tornando-os indisponíveis a absorção pelas plantas; dessa forma, é um ponto de atenção constante a lixiviação de íons provenientes da solução do solo e fertilização (SANTOS et al., 2002).

Segundo Matos (2010) tanto quanto a falta de nutrientes no solo afeta negativamente a produtividade da lavoura, o excesso de tais nutrientes também pode acarretar em toxicidade para a cultura, pode aumentar as perdas por lixiviação e/ou salinização, levando em conta o quanto chove na propriedade.

A utilização da fertirrigação deve ser aliada ao acompanhamento da distribuição e alterações dos nutrientes no solo, o que facilita o estabelecimento e ajuste das aplicações de fertilizantes, esse acompanhamento também permite prevenir danos como a salinização do solo (BARROS et al., 2010).

Um fato que afeta diretamente a quantidade de água absorvida pelas plantas é as altas quantidades de sais na água, pelo motivo que tal fato diminui a capacidade da planta em absorver a água e também pode acabar deteriorando as características estruturais do solo. Assim, para determinar tal salinidade, é realizado uma mensuração da condutividade elétrica na solução do solo, a qual caso esteja em níveis altos afetará a taxa de infiltração de água nos perfis do solo, dessa maneira, tal efeito é analisado pela variável chamada de taxa de absorção de sódio (VARALLO et al., 2010).

Segundo Silva et al. (2013), o principal local que apresenta problemas é em ambientes protegidos, pelo fato que a ausência de água as quais promovem lixiviação de nutrientes dos perfis superficiais do solo, assim, em campo aberto devido ao fato de apresentar a chuva como um fator que interfere nessa lixiviação dos sais, resulta

em uma diminuição da quantidade de salinização do solo. Portanto, como em estufas apresentam temperaturas mais altas e também uma maior concentração de nutrientes na solução do solo, isso resulta em um maior acúmulo perto do sistema radicular das plantas, fazendo com que dificulte a absorção de água pela cultura.

Aplicando o fertilizante via irrigação interfere no desempenho do pH do solo, e essa diferença é que em um tratamento não irrigado, a lixiviação das bases é reduzida com isso tem-se um abaixamento do pH, disponibilizando melhor os nutrientes (DUENHAS, 1995).

A forma como o nutriente entra no solo e se movimenta através da fertirrigação pode ser variado em função do tipo de emissor utilizado. Para fertirrigação do tipo gotejo, esta transferência é influenciada pelo tipo de solo, textura e vazão do emissor, este terá a formação de bulbos de umedecimento, que é determinado pelo deslocamento na horizontal e vertical (BEDUM, 1995).

Uma técnica indispensável para saber quando e quanto é recomendado irrigar é ter conhecimento sobre a distribuição de água em um determinado volume, o qual é conhecido como bulbo úmido do solo. Dessa maneira, para mensurar esse bulbo úmido em campo, realiza uma trincheira, o qual é um método direto, contudo para mensurar através de um método indireto, utiliza modelos ou tabelas (BARROS et al. 2009).

Segundo Silva et al. (2015), a reposição hídrica no solo otimizou a amplitude da distribuição dos nutrientes no perfil do solo, deixando estes na altura da zona radicular, proporcionando a disponibilidade destes para a planta.

Segundo Souza et al. (2015), a fertirrigação realizada por gotejamento, concentra o fertilizante em uma área de solo restrita no bulbo molhado, o que potencializa o efeito acidificante das adubações principalmente com nitrato de amônio e ácido fosfórico, isso mostrou que a redução do pH do solo e da solução do solo é interferida pelo sistema de irrigação utilizado.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através do presente estudo foi possível compreender esta técnica que cada tempo que passa mostra-se um grande aliado para o produtor rural, uma vez que a fertirrigação for usada da maneira correta, levando em consideração os acompanhamentos e precauções através das recomendações técnicas, o resultado é um significativo aumento de produtividade e qualidade do produto final.

Porém a fertirrigação apresenta alguns entraves, como por exemplo, necessita de um acompanhamento frequente em relação a solução do solo e as dosagens dos fertilizantes, devido ao fato que a aplicação de maneira errônea dessa técnica irá afetar diretamente a produtividade da lavoura. Portanto para se obter resultados satisfatórios recomenda-se seguir algumas técnicas de aplicação e utilizar alguns equipamentos para poder fazer o acompanhamento frequente do solo. Assim, para realizar a fertirrigação, o investimento inicial acaba sendo bem alto levando em consideração a implementação do sistema de irrigação mais os fertilizantes corretos e equipamentos para fazer monitoramento do solo da lavoura.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G. et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 297 p.
- ALMEIDA, O. A. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.
- ALVES, A. L. Crescimento da goiabeira sob fertirrigação com esterco bovino líquido fermentado e doses de nitrogênio. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina, 2015.
- ALVES, M.S; SMIDERLE, O.J. SOUZA, A.G. CHAGAS, E.A.; FAGUNDES, P. R. O.; SOUZA, O. M. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes em mudas de *Khaya ivorensis*. Acta Iguazu, Cascavel, v.5, n.4, p. 95-110, 2016.
- AMARAL, J.F.T.; MARTINEZ, H.E.P.; LAVIOLA, B.G; FERNANDES FILHO, E.I.; CRUZ, C.D. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. Ciência Rural, v.41, p.621-629, 2011.
- ANA. Atlas de irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília. 85 p. 2017.
- ARAYA, A.; STROOSNIJDER, L.; GIRMAY, G.; KEESSTRA, S.D. Crop coefficient, yield response to water stress and water productivity of teff (*Eragrostis tef* (Zucc.)). Agricultural Water Management, n.98, p.775-783, 2011.
- BARBOSA, E. A. A. et al. Cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça e adubos minerais via irrigação por gotejamento subsuperficial: ciclo da cana-planta. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande , v. 16, n. 9, p. 952-958, Sept. 2012 .
- BARROS, A. C.; FOLEGATTI, M. V.; SOUZA, C. F.; SANTORO, B. L. Distribuição da solução no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial. Irriga, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 361-372, 2010.
- BASSO, L. H.; BRAGA, M. B.; CALGARO, M.; SIMÕES, W. L.; PINTO, J. M.; Cultivo da Videira. Embrapa Semi-árido. Sistemas de produção, 1-2a. edição ISSN 1807-0027 Versão eletrônica. Agosto/2010.
- BATISTA, P. F. et al. Produção e qualidade de frutos de melão submetidos a dois sistemas de irrigação. Hortic. Bras., v. 27, n. 2, p. 246-250, 2009.
- BATISTA, R. O. et al . Obstrução e uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por gotejamento aplicando-se efluente da suinocultura. Revis brasileira de

engenharia agrícola e ambiental., Campina Grande , v. 17, n. 7, p. 698-705, July 2013 .

BAUDER, T. A. et al. Irrigation water quality criteria. Fact sheet (Colorado State University. Extension). Crop series; no. 0.506, Colorado State University. Libraries, 2011. Citado na página 12.

BEBUM, J. A. D. Viabilidade da cultura do milho (*Zea mays* L.) irrigado por gotejamento, em rotação com a cultura do melão, utilizando dois métodos de aplicação de fertilizantes, dois coeficientes de cultivo, em duas populações de plantas. Ilha Solteira: Faculdade de Engenharia, UNESP, 1995, 63p. (Trabalho de Graduação).

BECARI, G. R. G., 1979- Eficiência do uso da água e parâmetros nutricionais na cultura da rúcula submetida a diferentes condições de estresse hídrico / Gustavo Ricardo Gonçalves Becari. – Botucatu : [s.n.], 2015

BEZERRA, R. S. Manejo da fertirrigação na produção de minitomate em ambiente protegido [Manuscrito] / Ricardo de Sousa Bezerra. - 2015.

BILIBIO, C.; CARVALHO, J. D. A.; MARTINS, M.; REZENDE, F. C.; FREITAS, E. A.; GOMES, L. A. Desenvolvimento vegetativo e produtivo da berinjela submetida a diferentes tensões de água no solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.07, p.730-735, 2010.

BISCARO, G. A. Sistemas de irrigação por aspersão. Universidade Federal da Grande Dourados. Editora UFGD. Dourados- MS, 2009.

BOAS, R. C. V.; PEREIRA, G.M.; REIS, R. P.; LIMA JUNIOR, J. A.; CONSONI, R. Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. Ciência e Agrotecnologia, v. 35, n. 4, p.781-788, 2011.

BORGES, A. L., SILVA, D. J. Fertilizantes para fertirrigação. Capítulo em livro científico cap. 7, p. 253-264. Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

BORSARI, F. Fertilizantes inteligentes: as novas tecnologias permitem o consumo dos nutrientes pelas plantas de forma gradativa, lenta e controlada. Agro DBO, v. 20, p. 54- 57, São Paulo, 2013.

BUSATO, C. C. M.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; REIS, E. F.; BUSATO, C. Dicloroisocianurato na prevenção do entupimento devido ao uso de águas ferruginosas em sistemas de irrigação por gotejamento. Revista Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, n. 1, p. 49-56, 2012

- CAMPOS, H. M. Automação da irrigação no cultivo de tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) sob conteúdos volumétricos de água no solo. -- Ceres, 2019. 60 p. Dissertação ( em Mestrado Profissional em Irrigação no Cerrado) -- Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, 2019.
- CARRIJO, O. et al. Fertirrigação de hortaliças. Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E), Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005., 2005. Citado na página 12.
- CARVALHO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; FURLANI-JÚNIOR, E.; BUZETTI, S.; EUSTÁQUIO DE SÁ, M.; ATHAYDE, M. L. F. Uso da adubação foliar nitrogenada e potássica no algodoeiro. *Bragantia*, Campinas, 60(3), p.239-244, 2001.
- CAVALCANTE, L. F. et al. Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, p.1281- 1290, 2010.
- CHAGAS, R. M.; FACCIOLI, G. G.; AGUIAR NETTO, A. O.; SOUSA, I. F.; VASCO, A. N.; SILVA, M. G. G. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (*ET<sub>o</sub>*) no município de Rio Real-Ba. *Irriga*, v. 18, n. 1, p. 351-363, 2013. *Ciência Rural*, vol.37, n.4, p.949-955.
- COELHO, A. P.; DALRI, A. B.; ANDRADE LANDELL, E. P.; FARIA, R. T.; PALARETTI, L. F. Produtividade inicial e eficiência no uso da água de cultivares de cana-de-açúcar fertirrigadas e plantadas por mudas pré-brotadas. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 57-64, 2018.
- COELHO, E. F., COSTA, F. S., SILVA, A. C.; CARVALHO, G. C. (2014). Concentração de nitrato no perfil do solo fertigado com diferentes concentrações de fontes nitrogenadas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 18, 263-269.
- COELHO, E. F. Manejo, eficiência e uso da água em sistemas de irrigação / Eugênio Ferreira Coelho, Alisson Jadavi Pereira da Silva - Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013.
- CUNHA, K. C. B.; ROCHA, R. V.; 2015. Automação No Processo De Irrigação Na Agricultura Familiar Com Plataforma Automation in Irrigation Process in Family. *Rev. Electron. Competencias Digit. para Agric. Familiar* 01, 62–74.
- DA SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L.; CABRAL FILHO, F. R.; De MOURA, L. C. Dinâmica e distribuição dos nutrientes no perfil de um

latossolo fertirrigado via gotejamento subsuperficial. III INOVAGRI International Meeting, 2015. Fortaleza- Brasil. 2015.

DAMASCENO, A. P . A. B.; MEDEIROS, J. F.; MEDEIROS, D. C.; MELO, I. G. C.; DANTAS, D. C. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes do melão cantaloupe tipo “harper” fertirrigado com doses de N e K. Revista Caatinga, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 137-146, jan.-mar., 2012.

DANTAS, G. F.; OLIVEIRA, V. M. R.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F.; SANTOS, M. G.; FARIA, R. T. T. Desempenho de métodos na estimativa de evapotranspiração de referência para o estado da Paraíba, Brasil. Irriga, v. 21, n. 3, p. 481-490, 2016.

DE OLIVEIRA, G. Q.; BISCARO, G. A.; JUNG, L. H.; ARAÚJO, É. O.; VIEIRA FILHO, P. S. Fertirrigação nitrogenada e níveis de hidrogel para a cultura da alface irrigada por gotejamento - DOI: 10.13083/1414-3984.v22n05a07. Revista Engenharia na Agricultura - Reveng, [S. l.], v. 22, n. 5, p. 456-465, 2014. DOI: 10.13083/reveng.v22i5.508.

DELAZARI, F. T.; SILVA, M. G.; DARIVA, F. D.; FREITAS, D. S.; NICK, C. Eficiência no uso da água e acúmulo de matéria na batata-doce em função de lâminas de irrigação. Revista Irriga, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 115, 2018

DI PAOLO, E.; RINALDI, M. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. Field Crops Research, v.105, p.202-210, 2008.

DIAS, N.S.; DUARTE, S.N.; GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; SOARES, T.M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se de extratores de solução do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, n.4, p.496-504, 2005.

DIÓGENES, M. F. S. Curva de crescimento e marcha de absorção de nutrientes da pitaia (*Hylocereus undatus*) / Maria Fgênia Saldanha Diógenes. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação)- Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2017.

DONAGEMMA, G. K. et al. Distribuição do amônio, nitrato, potássio e fósforo em colunas de latossolos fertirrigados. Revista Brasileira de ciência do solo, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 2493-2504, 2008.

DRUMOND, L. C. D; AGUIAR, A. P. A. Irrigação de Pastagem. 1 edição. Uberaba: L. C. D. DRUMOND, 2005. 210 p

- DUENHAS, L. H.; VILLAS BÔAS, R. L.; SOUZA, C. M. P.; RAGOZO, C. R. A.; BULL, L. T. Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) 'Valência'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal- SP, v.24, n.1, p.214-218, abril 2002.
- DUTRA, A. D. Adubação nitrogenada via fertirrigação em arroz irrigado por aspersão. Tese de doutorado, 2016 v. 1. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas.
- ECHER, F. R.; DOMINATO, J. C.; CRESTE, J. E. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. *Horticultura Brasileira*, Campinas, v. 27, n. 2, p. 176-182, 2009.
- ELOI, W. M. et al. Rendimento comercial do tomateiro em resposta à salinização ocasionada pela fertigação em ambiente protegido. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.15, n.5, p.471-476, maio 2011.
- ELOI, W. M.; Duarte, S. N.; Soares, T. M. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.2, p.83-89, 2007.
- ERNANI P. R; BAYER C.; ALMEIDA J. A; CASSOL P. C. 2007. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 31: 393-402.
- FERRAREZI, R., VAN IERSEL, M. W.; Monitoring and Controlling Subirrigation with Soil Moisture Sensors: A Case Study with Hibiscus. *SNA Res. Conf.* 56, 187–191.brii. 2011.
- FRANCO, C. F.; PRADO, R. D. M.; BRAGHIROLI, L. F.; ROZANE, D. E. Marcha de absorção dos micronutrientes para mudas de goiabeiras cultivares Paluma e Século XXI. *Bragantia*, v.67, n.1, p.83-90, 2008.
- FREITAS, P. S. L. et al. Efeito da cobertura de resíduo da cultura do milho na evaporação de água do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 8, n. 1, p. 85-91, 2004.
- FRIGO, J. P.; VILAS BOAS, M. A.; FRIGO, J. P.; FRIGO, E. P. Comparação entre gráficos de controle de Shewhart, CUSUM e MMEP no processo de irrigação por aspersão convencional. *Irriga, Edição Especial Irrigação*, p. 56-70, 2016.
- FRIZZONE, J. A. Eficiência e uniformidade da irrigação: possibilidade técnicas e econômicas para melhoria. In: FRIZZONE, J.A.; LIMA, S.C.R.V.; COSTA, R.N.T.

Irrigação: da conservação de água e solo à sustentabilidade com vistas à autogestão. Fortaleza, CE. Inovagri, 2014. 129p.

GROSS, A.; ARUSI, R.; FINE, P.; NEJIDAT, A. Assessment of extraction methods with fowl manure for the production of liquid organic fertilizers. *Bioresource Technology*, v. 99, n. 2, p. 327-334, 2008.

GUERTAL, E.; FRANK, K. Adubação nitrogenada, fosfatada e potássica para gramas. In: VI SIGRA - Simpósio sobre Gramados Tópicos Atuais em Gramados III, Anais... Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2012. p. 42.

[http://www.water4crops.org/wp-content/uploads/2014/08/RR\\_Water-use-efficiency-and-water-productivity.pdf](http://www.water4crops.org/wp-content/uploads/2014/08/RR_Water-use-efficiency-and-water-productivity.pdf)

IGBADUN, H. E., MAHOO, H. F.; TARIMO, A. K. P. R.; SALIM, B. A. S. Crop water productivity of an irrigated maize crop in Mkoji sub-catchment of the Great Ruaha River Basin, Tanzania. *Agricultural Water Management*, v.85, p.141-150, 2006.

JALOTA, S. K.; SOOD, A.; CHAHAL, G. B. S.; CHOUDHURY, B. U. Crop water productivity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) wheat (*Triticum aestivum* L.) system as influenced by deficit irrigation, soil texture and precipitation. *Agricultural water management*, v.84, p.137-146, 2006.

KAMIMURA, L. M. T. Fertirrigação ou fertilizantes de liberação gradual no manejo de gramados esportivos. -- Botucatu, 2019. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

KARAM, F.; LAHOUD, R.; MASAAD, R.; KABALAN, R.; BREIDI, J.; CHALITA, C.; ROUPHAEL, Y. Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. *Agricultural water management*, v.90, p.213-223, 2007.

KARATAS B. S.; AKKUZU E.; UNAL H. B.; ASIK S.; AVCI M. 2009. Using satellite remote sensing to assess irrigation performance in water user associations in the Lower Gediz Basin, Turkey. *Agricultural Water Management* 96: 982-990.

LAMM, F. R.; Camp, C. C. Subsurface drip irrigation. In: Lamm, F. R.; Ayars, J. E.; Nakayama, F. S. *Microirrigation for crop production: Design, operation, and management*. Amsterdam: Elsevier, 2007. 618p.

LOPES, A. R. Controle estatístico da qualidade na fertirrigação por gotejamento sob diferentes inclinações. Tese (doutorado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná,

Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, 2020.

LYRA, G. B.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; LYRA, G. B.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JUNIOR, R. A. Conteúdo de água no solo em cultivo de milho sem e com cobertura morta na entrelinha na região de Arapiraca. *Irriga, Botucatu*, v. 15, n. 2, p.173-183, 2010.

MATOS, A. T. *Poluição ambiental: impactos no meio físico*. 1ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2010.

MAY, A.; CECÍLIO FILHO, A.B. PORTO, D. R. Q.; VARGAS, P.F; BARBOSA, J.C. 2008. Acúmulo de macronutrientes por duas cultivares de cebola produzidas em sistema de semeadura direta. *Horticultura Brasileira* 25: 53-59.

MEDEIROS, P. R. F., DUARTE, S. N. e SILVA, E. F. F. (2012). Eficiência do uso da água e de fertilizantes no manejo de fertirrigação no cultivo do tomateiro sob condições de salinidade do solo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7, 344-351.

MEDRANO, H.; MAGDALENA, T.; MARTORELL, S.; ESCALONA, J. M.; POU, A.; FUNTES, S.; FLEXAS, J.; BOTA, J. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions, A review. *Agronomy for sustainable development*, v.35, n.2, p.499-517, 2015.

MORAES, C. C. *Engenharia de automação industrial / Cícero Couto de Moraes, Plínio de Lauro Castrucci*. - 2.ed. - [Reimpr.]. - Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MOTA, F. D. *Modelo matemático para otimização na seleção de fertilizantes a aplicação via fertirrigação*. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas. 92 p. Botucatu. 2020

NATALE, W.; RODRIGUES, M.G.V. *Fertirrigação em Bananeira*. In: BOARETTO, A.E.; VILLAS BOAS, R. L.; SOUZA, W.F.; PARRA,L.R.V. (Ed.). *Fertirrigação: teoria e prática*. Piracicaba, 2006. v.1, p.396-439. CD-ROM.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS J. F.; LIMA C. J. G. S.; DUTRA I; OLIVEIRA M. K. T. 2008. Eficiência agrônômica da fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do meloeiro nas condições do semiárido nordestino. *Revista Caatinga* 21: 5-11

OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BÔAS, R. L. 2008. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. *Engenharia Agrícola* 28: 95-103.

- OLIVEIRA, F. A. et al. Calibração de extratores providos de cápsulas porosas para o monitoramento da salinidade e da concentração de íons. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.31, n.3, p.520-528, jul./set. 2011.
- PEREIRA, L.S.; CORDERY, I.; IACOVOS, I. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. *Agricultural Water Management*, v.108, p.39-51, 2012.
- PESSINI, M. M .O.; BARRO, P. P. S.; ZOIA, R. M. A viabilidade de uma lavoura de cana-de-açúcar sem e com o uso de fertirrigação no Estado de Minas Gerais. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas. Piracicaba. 2010.
- PINTO, J.; BASSOI, L.; SOARES, J. Manejo da Fertirrigação. 2007.
- PIZETTA, S. C.; RODRIGUES, R. R.; PEREIRA, G. M.; PACHECO, F.; ENRIQUE D.; VIOLA, M. R.; LIMA, L. A. 2017. Calibração de um sensor capacitivo para estimativa da umidade em três classes de solos 458–468.
- PÔRTO, D. R. Q.; C. F., A.B.; May, A. e Vargas, P.F. (2007) – Acúmulo de macronutrientes pela cultivar de cebola ‘Superex’ estabelecida por semeadura direta.
- PRADO, R. M. Nutrição de plantas. São Paulo: Editora UNESP,2008. v.1. p. 407.
- Puig-Bargués, J.; Arbat, G.; Elbana, M.; Duran-Ros, M.; Barragán, J.; Ramírez De Cartagena, F.; Lamm, F. R. Effect of flushing frequency on emitter clogging in microirrigation with effluents. *Agricultural Water Management*, v.97, p.883-891, 2010.
- PURQUERIO, L. F. V. (2010) - Evolução histórica das tecnologias e insumos para a sustentabilidade na olericultura. *Horticultura brasileira*, vol. 28, p. S77-S84.
- RAGAB, R. A note on water use efficiency and water productivity. *Water4crops*. 2014. 11p. Disponível em:
- RAJPUT, T. B. S.; PATEL, N. Water and nitrate movement in drip-irrigated onion under fertigation and irrigation treatments. *Agricultural Water Management*, [s. l.], v. 79, n. 3, p. 293 – 311, 2006.
- Reis, J.S., 2015. Sistema de controle aplicado à automação de irrigação agrícola 73.
- RIBEIRO, M. R.; et al. Química dos solos salinos e sódicos. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (ed.). *Química e mineralogia do solo. Parte II – Aplicações*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 449-484, 2009.

- ROCHA, C. T. D.; CHRISTOFIDIS, D. Vantagens da opção pela agricultura irrigada. *Revista de política agrícola*, Brasília, v. 24, n. 2, p. 17-25, 2015.
- ROMERO, R., MURIEL, J. L.; GARCÍA, I.; MUÑOZ DE LA PEÑA, D.; 2012. Research on automatic irrigation control: State of the art and recent results. *Agric. Water Manag.* 114, 59–66.
- SANDRI D.; MATSURA, E. E; TESTEZLAF, R. 2007. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. *Engenharia Agrícola e Ambiental* 11: 17-29.
- SANTANA, G. S.; COELHO, E. F.; SILVA, T. M.; RAMOS, M. M. Relação entre potássio na solução do solo, umidade e condutividade elétrica aparente do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.11, p.142-151, 2007.
- SANTOS, A. B.; FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F .J.P. Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura do arroz irrigado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.6, n.1, p.12-16, 2002.
- SANTOS, E. F. Avaliações bioquímicas e fisiológicas para previsão de desordens nutricionais de macronutrientes no desenvolvimento inicial do pinhão-manso. Elcio Ferreira dos Santos; orientador José Lavres Junior. - - versão revisada de acordo com Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2014.
- SANTOS, L. C. Produção de biomassa e eficiência no uso da água para oito variedades de cana de açúcar irrigadas por gotejamento em dois ciclos de cultivo / Lucas da Costa Santos. - - versão revisada de acordo com resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2016.
- SHAMIR, E.; MEGDAL, S. B.; CARRILLO, C.; CASTRO, C. L.; CHANG, H. I.; CHIEF, K.; PRIETTO, J. Climate change and water resources management in the Upper Santa Cruz River, Arizona. *Journal of Hydrology*, [s. l.], v. 521, p. 18 – 33, 2015.
- SILVA, E.M; LIMA, C.J.G.S.; DUARTE, S.N.; BARBOSA, F.S; MASCHIO, R. 2013. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características da berinjela cultivada em ambiente protegido. *Revista Ciência Agronômica* 44: 150-158.
- SILVA JÚNIOR , M. J.; DUARTE , S. N.; OLIVEIRA , F. A.; MEDEIROS , J. F.; DUTRA, I. Resposta do meloeiro à fertirrigação controlada através de íons da solução do solo: Parâmetros produtivos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* , v. 14, n. 7, p. 723-729, 2010.

SILVA, A. O. A fertirrigação e o processo de salinização de solos em ambiente protegido. *Nativa, Sinop*, v. 02, n. 03, p. 180-186, jul./set. 2014.

SILVA, A. O., Klar, A. E. e Silva, E. F. F. (2015). Manejo da fertirrigação e salinidade do solo no crescimento da cultura da beterraba. *Engenharia Agrícola*, 35, 230-241.

Silva, A. O., Klar, A. E., Silva, E. F. F., Tanaka, A. A. e Silva Júnior, J. F. (2013). Relações hídricas em cultivares de beterraba em diferentes níveis de salinidade do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17, 1143-1151.

<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013001100003>.

SILVA, E. F. F. et al. Extratores de capsulas porosas para o monitoramento da condutividade elétrica e do teor de potássio na solução do solo. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 785-789, out./dez. 2000.

- SILVA, F. A. M.; PINTO, H. S.; SCOPEL, E.; CORBEELS, M.; AFFHOLDER, F. Dinâmica da água nas palhadas de milho, milho e soja utilizadas em plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.41, n.5, p 717-724, 2006.
- SILVA, P. F. et al . Sais fertilizantes e manejo da fertirrigação na produção de tomateiro cultivado em ambiente protegido. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande , v. 17, n. 11, p. 1173-1180, Nov. 2013.
- SOUSA, V. F.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; NOGUEIRA, L. C. COELHO FILHO, M. A.; ARAÚJO, A. R. Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. 1. ed. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2011.
- SOUZA, C. F.; SILVA, C. R.; JÚNIOR, A. S. A.; COELHO, E. F. MONITORAMENTO DO TEOR DE ÁGUA NO SOLO EM TEMPO REAL COM AS TÉCNICAS DE TDR E FDR. Irriga, Botucatu, Edição Especial, Irrigação, p. 26-42, 2016.
- SOUZA, C. F.; FOLEGATTI, M. V. Spatial and temporal characterization of water and solute distribution patterns. Sci. agric. (Piracicaba, Braz.), Piracicaba , v. 67, n. 1, p. 09-15, Feb. 2010 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162010000100002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162010000100002&lng=en&nrm=iso)>. access on 10 Mar. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000100002>.
- SOUZA, E. R.; MELO, H. F.; ALMEIDA, B. G.; MELO, D. V. M. Comparação de métodos de extração da solução do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.17 n.5, p. 510-517, 2013.
- SOUZA, T. R., VILLAS BÔAS, R. L., QUAGGIO, J. A., SALOMÃO, L. C. E FORATTO, L. C. (2012). Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 47, 846-854. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000600016>.
- SOUZA, T. R. et al . Nutrientes no solo e na solução do solo na citricultura fertirrigada por gotejamento. Eng. Agríc., Jaboticabal , v. 35, n. 3, p. 484-493, jun. 2015 . Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162015000300484&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162015000300484&lng=pt&nrm=iso)>.
- TEIXEIRA, L. A. J.; QUAGGIO, J. A.; MELLIS, E. V. Ganhos de eficiência fertilizante em bananeira sob irrigação e fertigação. Revista Brasileira de Fruticultura, v.33, p.272-278, 2011.

- TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; CARRIJO, O. A. Fertirrigação em hortaliças. 2. Ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 2011. (Boletim Técnico IAC, 196).
- TREVISAN, L., 2020. *Desenvolvimento de um Sistema de Controle de pH e Condutividade Elétrica para Fertirrigação em Hidroponia*. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.
- VARALLO, A. C. T. et al . Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho-amarelo irrigado com água de reúso. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande , v. 14, n. 4, p. 372-377, Apr. 2010 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662010000400005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000400005&lng=en&nrm=iso)>. access on 13 Apr. 2021. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000400005>.
- VIEIRA, S. Estatística para a qualidade. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- VILAS BOAS, M. A. Fundamentos de irrigação localizada. 1 ed. Cascavel: EDUNIOESTE. p. 119, 2016.
- VILAS BOAS, R. C.; PEREIRA, G. M.; SOUZA, R. J.; CONSONI, R. Desempenho de cultivares de cebola em função do manejo da irrigação por gotejamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 15, p. 117-124, 2011.
- VILLAS BÔAS, R. L.; GODOY, L.J.G. Possibilidades da utilização da fertirrigação em gramados. II SIGRA – Simpósio Sobre Gramados – “Manejo de Gramas na Produção e em Gramados Formados ”. Anais... Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2004.